

Таким образом, организация теплоотвода по представленной принципиальной схеме с применением высокотемпературных теплоносителей позволяет с каждой тонны стали получать с учетом КПД ПТУ 40 % порядка 80 кВт·ч электроэнергии на тонну стали. Возможное количество получаемой электроэнергии превышает собственные нужды самой МНЛЗ (2 кВт·ч на тонну), что открывает возможности внешнего дополнительного использования электроэнергии в соседних цехах металлургического предприятия.

#### Список литературы

1. Исследование возможности полезного использования теплоты стали в зоне вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок / И. Р. Абдулгузина, Ю. К. Демин, С. В. Матвеев, С. В. Картавцев. // Энергосбережение – теория и практика: труды Седьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов: в 2 т. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. Т. 1. С. 35–36.
2. Петракович М. А., Абдулгузина И. Р., Матвеев С. В. Сравнение способов преобразования тепловой энергии в электрическую // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: материалы 14-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2013. С. 28–31

УДК 536.21

Абдуллин Р. Р., Скисов Г. Н., Филипповский Н. Ф.  
Уральский федеральный университет,  
george.skisov@mail.ru

### ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ЕГО ТЕПЛОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА

В ОАО «Уралэнергоцветмет» разработана конструкция котла-утилизатора для утилизации теплоты отходящих газов за печами Ванюкова. Одним из основных элементов данной конструкции является «огневой» лист (рис. 1), представляющий собой стальную пластину с приваренными к нему охлаждающими испарительными трубами. Отходящие газы имеют температуру около 1300 °С и высокую запыленность, кроме того, в них содержится значительное количество оксидов серы. В состав газа входят 40 % SO<sub>2</sub>, 5 % O<sub>2</sub>. Данная конструкция облегчает очистку теплообменных поверхностей от загрязнений, надёжно защищает поверхности теплообмена от сернокислотной коррозии в период пуска и останова котла.

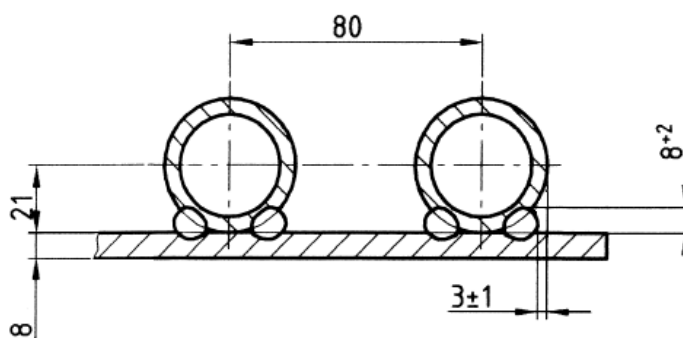


Рис. 1. Профиль огневого листа и приваренных к нему труб. Расчетная схема приварки трубы к огневому листу

Существуют приближенные методы расчета таких систем [1, 2], но все они, кроме ряда упрощений, предполагают, что сварные швы выполнены идеально. Между тем качество и даже методика выполнения сварного шва различны. Для оценки теплопроводящих свойств реальных сварных швов непосредственно из готового котла были вырезаны 3 образца с визуальным различным качеством сварных швов (№ 1, 3, 5). При сварке данного котла была использована упрощенная и менее трудоемкая методика выполнения сварного шва: в корень шва укладывали проволоку  $D = 4$  мм, а затем шов проваривали проволокой СВ-08Г2С диаметром 1,2 мм. Для сравнения были изготовлены 2 образца, проваренные без укладки проволоки в корень шва (№ 2, 4).

Для определения теплопроводящих свойств сварного соединения необходимо организовать и замерить с достаточной точностью тепловой поток через сварной шов. Мощность теплового потока должна быть не меньше, чем в реальном котле-утилизаторе. На основе предварительных расчетов для исследований была разработана и изготовлена экспериментальная установка (рис. 2), в которой необходимый тепловой поток обеспечивался за счет подвода теплоты к огневому листу от горячей воды с температурой 80–85 °С и отвода теплоты с внутренней стороны трубы к холодной воде с комнатной температурой 11–15 °С. Мощность теплового потока замеряли по тепловому балансу со стороны холодной воды, где потери тепла в окружающую среду были минимальны.

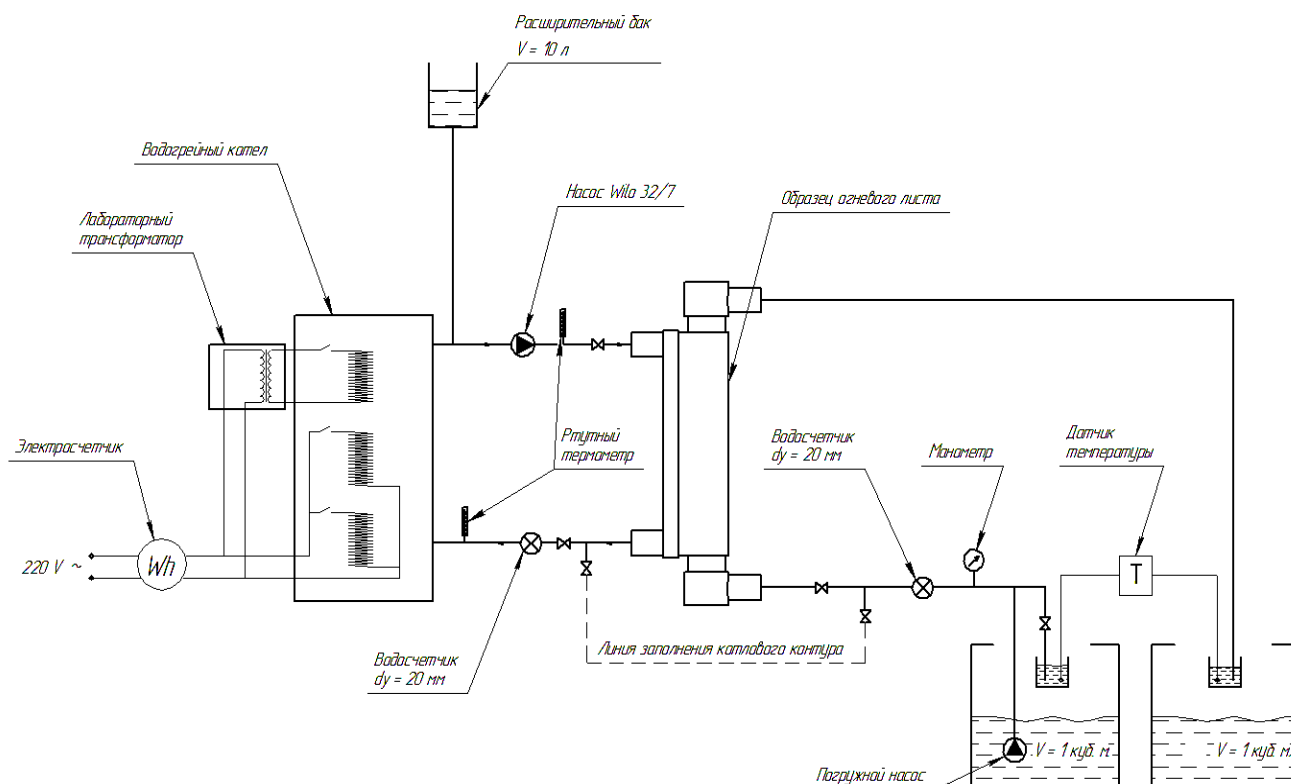


Рис. 2. Экспериментальная установка

Термическое сопротивление теплопередачи  $R_k$  складывается из трех составляющих – термического сопротивления теплопроводности материала теплообменника  $R_\lambda$  и двух термических сопротивлений теплоотдачи между потоками воды и поверхностями теплообменника  $R\alpha_1$  и  $R\alpha_2$  ( $R_k = R_\lambda + R\alpha_1 + R\alpha_2$ ). При поддержании в ходе эксперимента постоянных (одинаковых для всех образцов) температур и скоростей течения горячей и холодной воды термические сопротивления теплоотдачи  $R\alpha_1$  и  $R\alpha_2$  будут одинаковы, и тогда изменение термического сопротивления теплопередачи  $R_k$  будет обусловлено только изменением термического сопротивления материала теплообменника  $R_\lambda$ . Установка была сконструирована и настроена так, что термические сопротивления теплоотдачи  $R\alpha_1$  и  $R\alpha_2$  составляли не более 10 % от величины  $R_k$ .

В результате серии экспериментов были определены средние термические сопротивления теплопередачи образцов  $R_k$  (см. таблицу).

Средние значения термических сопротивлений образцов

Способ изготовления	Образец		Вырезка из котла		
Номер образца	2	4	1	3	5
Среднее термическое сопротивление, (м <sup>2</sup> ·К)/кВт	1,060	0,992	1,633	1,222	1,057

Полученные данные показали, что сварной шов на образцах, вырезанных из котла, существенно неоднороден. Термическое сопротивление сварного шва на одной из представленных вырезок из котла (№ 5) такое же, как и у специально подготовленных образцов.

Следовательно, при качественном выполнении всех сварных швов, даже при изменении технологии сварки, существенных отклонений по термическому сопротивлению не должно было быть.

У двух других вырезок из котла (№ 1 и № 3) термические сопротивления оказались существенно выше. Причина увеличения термического сопротивления связана с ухудшением качества выполнения сварного шва на данных участках огневого листа. Так у образца № 1 высота сварного шва от уровня огневого листа не более 5–6 мм вместо 8+2 мм по проекту.

Исходя из баланса тепла в реально работающем котле утилизаторе, максимальная плотность теплового потока к огневому листу не превышает 50 кВт/м<sup>2</sup>. Температура кипящей воды в трубах 250 °С. При этом максимальная температура огневого листа у хорошо проваренного образца будет примерно 300 °С, у худшего образца – около 330 °С. Обе температуры значительно ниже допустимой рабочей температуры 540–580 °С огневого листа из стали 12Х1МФ. Теоретически возможны условия, когда огневой лист абсолютно чистый без загрязнений. По условиям теплообмена тепловой поток при этом будет 150 кВт/м<sup>2</sup>. Температуры огневого листа в участках с хорошей сваркой будут при этом на уровне 400 °С, а на участках с плохой сваркой близки к 500 °С. Даже в таких практически не реализуемых условиях температуры огневого листа ниже допустимой рабочей температуры стали 12Х1МФ.

Таким образом, при проектировании был заложен избыточный запас по условиям переноса теплоты от огневого листа через сварные швы к кипящей воде в трубах. В данном случае это неплохо, поскольку даже некачественно выполненная сварка не приведет к аварийной ситуации, но избыточный запас всегда связан с удорожанием конструкции. Достаточно было обычного визуального контроля сварного шва для обеспечения одинаково хороших условий передачи тепла по всей поверхности огневого листа, а металлоемкость и стоимость конструкции могли быть существенно снижены.

#### Список литературы

1. Баскаков А. П., Ильина Е. В. Распределение температур по ширине огневого листа (экрана) с приваренными снаружи трубами // Промышленная энергетика. 2002. № 3. С. 41–44.
2. Степин С. М., Мунц В. А. Методика расчета температурного поля огневого листа котлов-утилизаторов // Промышленная энергетика. 2007. № 12. С. 27–29.

УДК 620.9

Аксенов Н. А.  
Уральский государственный университет путей сообщения  
Na\_777@mail.ru

### **РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА *SCHNEIDER ELECTRIC***

Для повышения качества выполнения проектов электроснабжения компания *Schneider Electric* разработала программное обеспечение *ID Spec Plus*. Оно было создано специально для инженеров-проектировщиков электриков, выполняющих предпроектную подготовку документации и готовящих спецификации для участия в тендерах [1].

Приступая к работе, рассмотрим некоторые возможности программы. Пользователь должен представлять архитектуру однолинейной схемы, знать некоторые характеристики нагрузок, расположение элементов, информацию о плане проекта и пр. Наличие плана проектируемого объекта в формате *AutoCAD* существенно облегчит работу над проектом (рис. 1).

Выделим основные преимущества программного комплекса:

- 1) экономим до 40 % времени при выполнении стадии «П» проекта системы электроснабжения;
- 2) проводим анализ проектных решений по критерию энергоэффективности и степени воздействия на окружающую среду (выбросы  $\text{CO}_2$ );
- 3) автоматизируем процесс выбора электротехнического оборудования;
- 4) готовим наиболее полную и грамотную спецификацию для участия в тендере;
- 5) повышаем количество проектов, представляемых на тендеры.